

Zachodnia Anatolia — geotermalny rejon Turcji

Aleksandra Kozłowska*, Marta Kuberska*



A. Kozłowska



M. Kuberska

Turcja Egejska, to rejon, w którym od tysięcy lat krzyżowały się kultury Grecji, Persji i Rzymu. Obejmuje ona zachodnią część Turcji — od wybrzeża Morza Egejskiego po zachodnie tereny rozległych nizin Anatolii. Na tym obszarze, niezwykle aktywnym sejsmicznie, znajdują się jedne z ważniejszych pól geotermalnych Turcji — Kizildere i Pamukkale. Pierwszy ma ogromne znaczenie dla gospodarki energetycznej Turcji, drugi natomiast jest perłą na mapie turystycznej, zarówno z uwagi na piękno przyrody, jak i zabytki historyczne.

Obszar Kizildere znajduje się w odległości 40 km na północny zachód od miasta Denizli (ryc. 1). Jest on położony przy głównym uskoku, który ciągnie się wzdłuż północnej granicy rowu tektonicznego Büyük Menderes. Pole geotermalne Kizildere związane jest z paleozoicznymi skałami metamorficznymi Masywu Menderes, reprezentowanymi między innymi przez fyllity, gnejsy, łupki mikowe i marmury. Skały te są przykryte przez fluwialne i jeziorne osady pliocenu, w obrębie których wyróżniono cztery formacje (Şimşek, 1985; Şimşek i in., 2005):

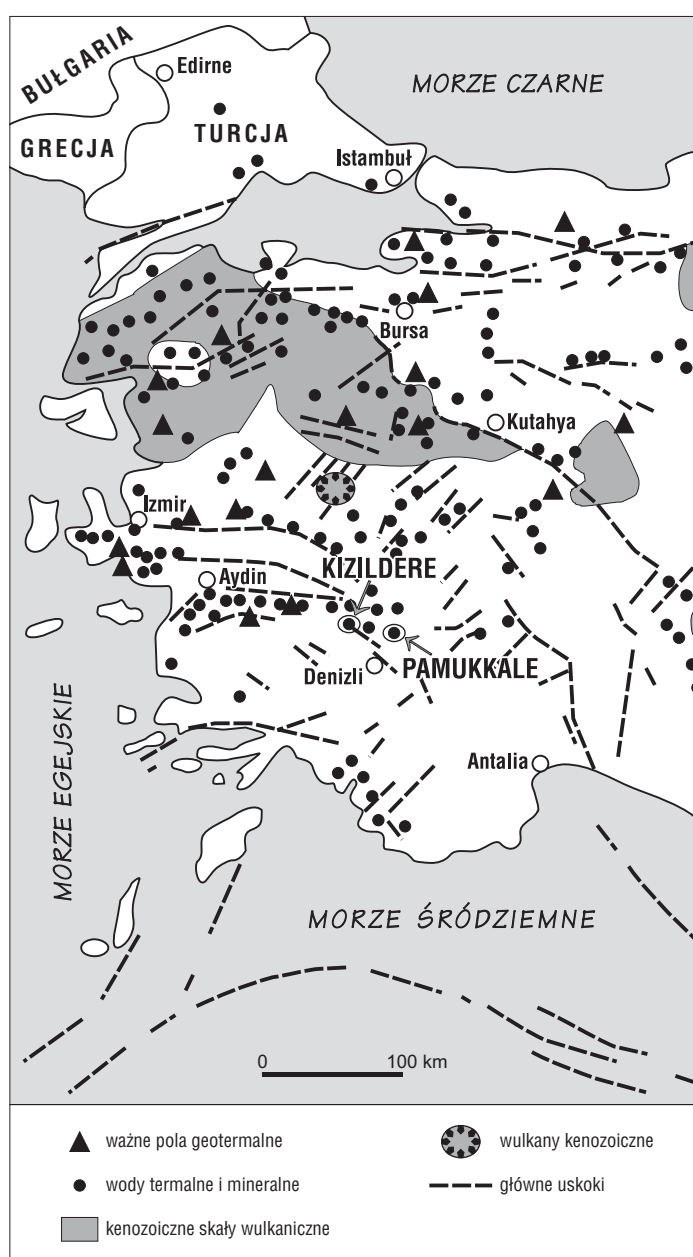
- Kizilburun — czerwone i brązowe zlepieńce, piaskowce i łupki z wkładkami lignitowymi;
- Sazak — szare wapienie, margle i iłowce;
- Kolonkaya — żółtozielone margle, iłowce i piaskowce;
- Tosunlar — słabo skonsolidowane zlepieńce, piaskowce i mułowce.

Na osadach tych leżą niezgodnie aluwia plejstoceniowe.

W latach 1968–1976 w rejonie Kizildere odwiercono kolejno 17 otworów, o głębokościach od 360 do 1240 m, w których zanotowano temperatury wody od 116°C do 210°C. W latach 1985–1999 wykonano kolejnych sześć otworów. W najgłębszym z nich (2261 m) temperatura wody wynosi 242°C (Karamanderesi &

Tarcan, 2005). W sumie do chwili obecnej wykonano 23 otwory głębokie, z których dla potrzeb gospodarki energetycznej wykorzystywanych jest 9.

Wyniki prowadzonych badań wskazują, że w opisywanym rejonie można wydzielić trzy strefy zbiornikowe wód termalnych. Skałami zbiornikowymi są zarówno skały metamorficzne, jak i osadowe. W wyniku wymiany jonowej na granicy wody i skały wody termalne są wzbogacane w jony wapnia, sodu i wodorowęglanowe. Na skutek nasycenia chemicznego wód zachodzi selektywne wytrącanie się minerałów węglanowych (kalcyt, aragonit, dolomit). Dodatkowo pojawia się amorficzna krzemionka, chalc-



→

Ryc. 1. Rozmieszczenie głównych pól geotermalnych w zachodniej Turcji (wg Şimşek & Yildirim, 2000 *fide* Karamanderesi & Tarcan, 2005)

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; aleksandra.kozłowska@pgi.gov.pl, marta.kuberska@pgi.gov.pl

don i kwarc. Stosunkowo wysoka zawartość strontu powoduje, że wytrąca się również celestyn i stroncjani.

W dobie poszukiwań źródeł energii, w 1978 roku *Turkish Electricity Authority* oraz włoska firma *GIE* opracowały wspólny plan, mający na celu budowę zakładu energetycznego, wykorzystującego wody termalne. Pierwszych 17,8 MW wyprodukowano w nowoczesnym zakładzie energetycznym *Kizildere* (ryc. 2**) już w 1984 roku. Dodatkowo produkuje się w nim także ciekły dwutlenek węgla i suchy lód, które wykorzystywane są w wielu resortach przemysłu, między innymi w przemyśle spożywczym, chemicznym, chłodniczym oraz w medycynie.

W 2000 r. moc zainstalowana we wszystkich elektrowniach na terenie Turcji wyniosła 27 272 MW.

Intensywna eksploatacja w rejonie *Kizildere* napotyka na pewne trudności, związane między innymi z tworzeniem się osadu kamiennego w otworach wydobywczych i na powierzchniach urządzeń, ze spadkiem ciśnienia w strefach wypływów, a także z usuwaniem odpadów wodnych o wysokiej zawartości arsenu i glinu, a szczególnie boru.

Drugim obszarem geotermalnym jest rejon *Pamukkale*. Otoczone wapiennymi tarasami miasteczko znajduje się 18 km na północny zachód od *Denizli*. Już z oddali widoczne jest zbocze góry ze śnieżnobiałymi trawertynami w formie tarasów, kolumn i nawisów, zwane *Bawełnianą Twierdzą* (ryc. 3 i 4).

Paleozoiczne, metamorficzne skały podłoża i mezozoiczne wapienie przykryte są tu grubymi warstwami skał kenozoiku. Osady pliocenu są reprezentowane przez zlepieńce, piaskowce, ilowce i wapienie ilaste. Natomiast górną część profilu stanowią plejstoceny i holoceny osady aluwialne, złożone z nieskonsolidowanych osadów klastycznych, oraz trawertyny. Późnoplejstoceny i holoceny osady trawertynowe występują w kilku miejscach i zajmują powierzchnię około 20 km². Szczegółowe dane morfologiczne dotyczące trawertynów zamieścili w swojej pracy *Altunel i Hancock* (1993). Termalne źródła rejonu *Pamukkale* związane są z rowem tektonicznym *Çürüksu*, który należy do systemu rowu *Menderes*. W rejonie tym przeważają uskoki o kierunku NW-SE. Z danych sejsmicznych wynika, że jest to strefa pierwszego stopnia zagrożenia trzęsieniami ziemi. W obszarze tym średnie roczne przesunięcie pionowe wynosi około 2,4 cm (*Karamanderesi & Tarcan*, 2005).

W rejonie *Pamukkale* znajduje się około 17 gorących źródeł. Tylko trzy z nich mają wysoką wydajność, w sumie powyżej 350 l/s, przy średniej temperaturze 35,5°C (*Karamanderesi & Tarcan*, 2005). Ze względu na skład chemiczny wody te zalicza się do typu Ca-Mg-HCO₃-SO₄, a osady wytrącające się z nich tworzą właśnie białe trawertyny. System geotermalny *Pamukkale* składa się z trzech obszarów: *Pamukkale*, *Karahayit* i *Gölemesli*. Sam obszar *Karahayit* ma ponad 100 otworów na powierzchni około 4 km². Wody wypływające ze źródeł *Karahayit* i *Gölemesli* zawierają nieco mniej dwutlenku węgla w porównaniu z

wodami ze źródeł *Pamukkale*, są za to bogatsze w żelazo (*Akşid*, 2004). Dzięki temu mają silnie czerwony kolor, a wytrącające się z nich osady przybierają barwy od żółtych, poprzez rdzawe do ciemnobrunatnych (ryc. 5). Ze względu na skład chemiczny wody te wykorzystuje się w celach leczniczych. W związku z tym w pobliżu gorących źródeł powstała w ostatniej dekadzie baza hotelowa z licznymi basenami.

Intensywne wykorzystywanie wód mineralnych w rejonie *Pamukkale* oraz nad wyraz wzmógł ruch turystyczny ma, niestety, również negatywne skutki. Ilość wypływającej wody drastycznie się zmniejszyła, co spowodowało, iż część basenów i zagłębień *Bawełnianej Twierdzy* wysycha. Bez udziału wody skały wapienne w kontakcie z powietrzem ciemnieją, przybierając szarą barwę.

W celu zachowania tego pięknego krajobrazowo zakątka dla przyszłych pokoleń obszar ten został objęty programem ochrony. W ramach niego wprowadzono różnorodne obostrzenia, dotyczące zarówno rozwoju bazy hotelowej, jak i pojedynczych turystów, np. zakaz chodzenia w obuwii po trawertynach czy poruszanie się tylko po wytyczonych ścieżkach.

Bawełniana Twierdza znajduje się w pobliżu ruin antycznego miasta *Hierapolis* (ryc. 6). Starożytne *Hierapolis* położone było na styku dwóch antycznych krain: *Karii* i *Frygii*. Uważa się, że założycielem miasta był król *Pergamonu Eumenes II*. Największy rozwój tego ośrodka nastąpił w epoce hellenistycznej. W 133 roku p.n.e., za panowania króla *Pergamonu Attolosa III*, osada dostała się pod władanie Rzymian. Za panowania *Tyberiusza* (17 rok n.e.), a potem *Nerona* (60 rok n.e.), doszło do dwóch wielkich trzęsień ziemi, które doprowadziły do prawie całkowitego zniszczenia miasta. W pierwszych wiekach naszej ery, w dobie rozwoju chrześcijaństwa, w *Hierapolis* powstały liczne kościoły, a miasto ożywiło się gospodarczo i kulturalnie. Kres świetności metropolii nastąpił dopiero w XI wieku, kiedy to tereny *Anatolii* i *Frygii* opanowali Turcy *Seldżuczcy*. W 1887 roku do *Hierapolis* dotarła pierwsza wyprawa naukowa pod przewodnictwem *C. Hummana* i od tej pory rozpoczęły się tam badania, a następnie wykopaliska archeologiczne, trwające do dziś (*Akşid*, 2004). Do tej pory *Hierapolis* zachwyca swoim rozmachem, pięknem architektury i dowodami wysoko rozwiniętej cywilizacji.

Literatura

- AKŞID I. 2004 — *Pamukkale, Hierapolis*. Akşit Kültür ve Turizm Yayincılık, Stambul, Turcja.
- ALTUNEL E. & HANCOCK P.L. 1993 — Morphology and structural setting of Quaternary travertine of Pamukkale, Turkey. *Geol. Journ.*, 28, 335–346.
- KARAMANDERESI I.H. & TARCAN G. 2005 — *Kizildere and Pamukkale geothermal fields. Excursion guide*. International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region — IESCA 2005, 4–7.10.2005, Izmir, Turcja.
- ŞİMŞEK Ş. 1985 — Geothermal model of Denizli — Saraykoy — Buldan area. *Geothermics*, 14: 393–417.
- ŞİMŞEK Ş. & YILDIRIM N. 2000 — İzmit ve Düzce depremlerinde jeotermal değişimler (in Turkish). *Tübitak Bilim Tek. Derg.*, 387: 70–73.
- ŞİMŞEK Ş., YILDIRIM N. & GÜLGÖR A. 2005 — Developmental and environmental effects of the Kizildere geothermal power project, Turkey. *Geothermics*, 34: 239–256.

**zobacz serwis fotograficzny na str. 363

Zachodnia Anatolia — geotermalny rejon Turcji (patrz str. 296)



Ryc. 2. Zakład energetyczny w rejonie geotermalnym Kizildere

Ryc. 3. Wyschnięte baseny na tarasach trawertynowych Pamukkale. Na drugim planie widoczne pary wydobywające się ze źródła geotermalnego w rejonie Kizildere

Ryc. 4. Sztuczne baseny stworzone dla turystów na tle ścian białych nacieków trawertynowych w Pamukkale

Ryc. 5. Czerwone osady trawertynowe w rejonie Karahayit

Ryc. 6. Główna droga — ulica Frontinusa w Hierapolis. Wszystkie fot. A. Kozłowska

